



# Studiengangsdokumentation

Masterstudiengang *Radiation Biology*

Fakultät für Medizin

Technische Universität München

Bezeichnung	<b>Radiation Biology</b>
Organisatorische Zuordnung	<b>Fakultät für Medizin</b>
Abschluss	<b>Master</b> of Science (M.Sc.)
Regelstudienzeit & Credits	<b>4 Semester &amp; 120 ECTS-Credits</b>
Studienform	Vollzeit
Zulassung	<b>Eignungsverfahren</b> (EFV/EV)
Starttermin	WS 2015/2016
Sprache	Englisch
Studiengangsverantwortliche/r	<b>Univ.-Prof. Dr. Michael J. Atkinson</b> <b>Univ.-Prof. Dr. Stephanie E. Combs</b>
Ggf. ergänzende Angaben für besondere Studiengänge	in Kooperation mit dem Helmholtz Zentrum München, Department of Radiation Sciences
Ansprechperson bei Rückfragen	Univ.-Prof. Dr. Michael J. Atkinson Telefon 089-31872983 E-Mail m.j.atkinson@tum.de  Univ.-Prof. Dr. Stephanie E. Combs Telefon: 089-4140-4501/ -4502 E-Mail: stephanie.combs@tum.de  Carmen Kessel Telefon 089-4140 9423 E-Mail: carmen.kessel@tum.de
Version/Stand, vom	6. März 2019
Der Studiendekan	

## Inhaltsverzeichnis

1	Studiengangsziele .....	3
1.1	Zweck des Studiengangs .....	3
1.2	Strategische Bedeutung des Studiengangs .....	4
2	Qualifikationsprofil .....	4
3	Zielgruppen .....	5
3.1	Adressatenkreis .....	5
3.2	Vorkenntnisse der Studienbewerber .....	5
3.3	Zielzahlen .....	6
4	Bedarfsanalyse .....	6
5	Wettbewerbsanalyse .....	7
5.1	Externe Wettbewerbsanalyse .....	7
5.2	Interne Wettbewerbsanalyse .....	8
6	Aufbau des Studiengangs .....	8
7	Organisatorische Anbindung und Zuständigkeiten .....	10
8	Ressourcen .....	11
8.1	Personelle Ressourcen .....	11
8.2	Sachausstattung und Räume .....	18
9	Entwicklungen im Studiengang .....	18
10	Anhang der Studiengangsdokumentation .....	18

# 1 Studiengangsziele

## 1.1 Zweck des Studiengangs

Menschen sind aus den unterschiedlichsten Gründen einer ionisierenden Strahlung ausgesetzt. Die Quellen der ionisierenden Strahlen sind vielfältig und können sowohl natürliche als auch künstliche Ursachen haben, beispielsweise in diagnostischen oder therapeutischen medizinischen Anwendungen. Für die Bevölkerung ist die Strahlenexposition durch röntgendiagnostische Maßnahmen wie Computertomographie am höchsten und hat in den vergangenen Jahrzehnten stetig zugenommen. Auch die Zahl der Menschen, die aufgrund einer Krebserkrankung durch therapeutische Dosen ionisierender Strahlen behandelt worden sind wächst kontinuierlich. In Deutschland rechnet man derzeit mit etwa 3 Millionen bestrahlter Krebspatienten.

Die Aufklärung der Wirkungen ionisierender Strahlen auf den menschlichen Körper, die strahlenbiologische Forschung, ist darum ein immer wichtiger werdendes gesundheitspolitisches Anliegen. Das Spektrum möglicher Strahlenwirkungen auf den Menschen ist weit gespannt. Es reicht von Erbschäden, über Entwicklungsstörungen in utero, der Auslösung von Krebserkrankungen oder sehr verzögert sich entwickelnden degenerativen Erkrankungen. Welche Risiken mit dem unbestreitbaren Nutzen der Anwendung ionisierender Strahlen verbunden sind, hängt von vielen Faktoren ab, wie z.B. von der Höhe der aufgenommenen Strahlendosis, die im Einzelfall sehr unterschiedlich sein kann, von der Dosisverteilung im Körper oder Organ, die durch physikalisch und ärztlich bestimmte Entscheidungen wesentlich beeinflusst wird, und von vielen anderen biologischen Faktoren und medizinischen Begleiterkrankungen. Die Bewertung des mit einer Strahlenexposition verbundenen Gesundheitsrisikos erfordert im Einzelfall stets die Integration von physikalischem, biologischem und medizinischem Wissen.

Der Faktor, der die Höhe des Strahlenrisikos sowie die Wahrscheinlichkeit einer Tumorheilung im großen Umfang bestimmt, ist die physikalische Strahlendosis am Zielort sowie ihre zeitliche und anatomische Verteilung. Deshalb ist ein grundlegendes Wissen der Strahlenphysik und Dosimetrie, einschließlich der retrospektiven und prospektiven Dosisberechnung notwendig. Dies trifft sowohl bei externer Bestrahlung als auch bei einer Bestrahlung durch inkorporierte Radionuklide zu und betrifft auch deren Verhalten in der Umwelt (Radioökologie).

Strahlenbiologie erforscht sowohl die biologischen Grundlagen der therapeutischen Anwendung von Strahlen, insbesondere bei Krebserkrankungen als auch die mit der Anwendung von ionisierenden Strahlen in Medizin und Technik verbundenen Risiken und ist somit ein höchst interdisziplinäres Fach. Die akademischen Voraussetzungen für den Masterstudiengang "Radiation Biology" sind in an der Technischen Universität München (TUM) besser gegeben als irgendwo sonst in Deutschland und Europa insbesondere durch die starke Zusammenarbeit mit dem Helmholtz Zentrum München, dem Bundesamt für Strahlenschutz und der Institut für Radiobiologie der Bundeswehr. Aus diesem Grund haben sich Mediziner, Biologen und Physiker der TUM zusammengefunden, dieses Masterprogramm zu entwickeln. Dieser Studiengang fördert die Kooperation zwischen den Fakultäten für Medizin, Physik und dem FRM2, Chemie und Life Sciences.

## 1.2 Strategische Bedeutung des Studiengangs

Das Ziel des Masterstudiengangs kann nur durch die wissenschaftlich herausragende Vertiefung sowie Spezialisierung mit Forschungs- und Praxisbezug und Vermittlung grundlegender interdisziplinärer Inhalte und Methoden, die auf Kernkompetenzen verschiedener Fakultäten der Technischen Universität München aufbauen, erreicht werden. Die TUM verfügt über optimale Voraussetzungen, um die Strahlenbiologie als Ausbildungs- sowie Forschungsschwerpunkt zu stärken und weiter zu entwickeln. Durch seine integrative Rolle als Brückenfach zwischen Medizin, Biologie und Physik sieht sich der Masterstudiengang Radiation Biology in einer maßgeblichen integrativen Funktion, um die Rolle der Medizinischen Fakultät innerhalb der TUM zu stärken, wie auch die Kooperationen mit weiteren technischen, physikalischen, molekularbiologischen Strahlenforschungsressourcen am Standort München wie dem Helmholtz Zentrum München, dem Bundesamt für Strahlenschutz und dem Institut für Strahlenbiologie der Bundeswehr zu fördern.

Der Masterstudiengang Radiation Biology zeichnet sich durch seine Anbindung an den klinischen Bereich des Klinikums rechts der Isar und die dadurch erreichte hohe Forschungsorientierung der Lehre aus. Gestützt wird das Studienkonzept zudem durch die Einbindung des Departments of Radiation Sciences am Helmholtz Zentrum München, mit dem vielfältige personelle Beziehungen bestehen. Die Gesamtkonzeption des vorliegenden Studiengangs ist in der Lehre attraktiv, international wettbewerbsfähig und berufsfeldbezogen auf den Ausbau sowie Erhalt strahlenbiologischer Exzellenz und Förderung junger Talente ausgerichtet.

Die erworbene fachliche und überfachliche Kompetenz der Absolventen ist eine wichtige Triebkraft für Weiterentwicklungen in der präklinischen Forschung von innovativen Methoden der Nuklearmedizin, der Radiologie und der Radioonkologie, aber auch Grundlage, um partizipativ im Dialog zwischen Wissenschaft und Gesellschaft aktuelle Themen zu erörtern.

## 2 Qualifikationsprofil

Die Absolventen sind befähigt eigenverantwortlich komplexe Aufgaben in der strahlenbiologischen sowie strahlenphysikalischen Forschung und Entwicklung wahrzunehmen. Sie können aktiv an der strahlenbiologischen Grundlagenforschung über die molekularen Mechanismen der Strahlenwirkungen wie auch an der translationalen Forschung in der Radioonkologie sowie der bildgebenden Nuklearmedizin und der Radiologie teilnehmen, Forschungsergebnisse selbständig bewerten und in der wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Diskussion kommunizieren. Im Einzelnen besitzen sie die Fachkompetenz gesundheitliche Risiken nach Strahlenexposition in Medizin, Industrie und Umwelt zu bewerten. Sie besitzen die Methodenkompetenz, die für die Erforschung spezifischer Fragestellungen geeigneten Experimente zu planen, aufzubauen, durchzuführen und verschiedene mögliche Lösungsansätze gegeneinander abzuwägen. Die Absolventen sind vertraut mit den Grundsätzen guter wissenschaftlicher Praxis, die vertieft wird durch die vielen praktischen Einheiten, darunter zwei sechswöchige Praktika und ein einsemestriges Forschungsprojekt. Sie können ihre Ergebnisse angemessen in schriftlicher sowie mündlicher Form darstellen, aber auch eigene Ergebnisse in die aktuelle internationale Forschung einordnen und diese auf nationalen und internationalen Konferenzen vertreten.

Die erworbenen Fachkenntnisse sowie Kenntnisse der Methoden und Techniken der modernen strahlenbiologischen Forschung qualifizieren die Absolventen Anschluss an die aktuelle, internatio-

nale Forschung auf allen Gebieten der Strahlenbiologie zu finden und sich erfolgreich um Forschungspositionen zu bewerben und wesentliche Beiträge zur Weiterentwicklung des strahlenbiologischen Kenntnisstandes zu leisten.

Die Absolventen des Masterstudiengangs Radiation Biology besitzen, insbesondere vermittelt durch die Forschungspraktika, aber auch durch Seminare, und Tutorien Schlüsselqualifikationen wie Kommunikationsvermögen, Konfliktfähigkeit, Kooperations- und Vernetzungsfähigkeit sowie eigenständige Projektplanung. Sie können mit auftretenden, nicht vorhersehbaren Schwierigkeiten und Fehlschlägen in der Forschungstätigkeit außerhalb vordefinierter Standards umgehen und haben die Fähigkeit verschiedene Forschungsstrategien (in vitro, in vivo, ex vivo), die zur Aufklärung biologischer Wirkungen einer Strahlenexposition auf den Menschen möglich sind, zu bewerten und bei auftretenden Problemen die verfolgte Strategie zu ändern.

Mit den erworbenen Kenntnissen, Fähigkeiten und Kompetenzen sind sie in der Lage, das umfassende und fachlich breite Berufsbild des Strahlenbiologen auszufüllen, indem sie sowohl Probleme des Strahlen- und Umweltschutzes bewerten und kommunizieren als auch als Partner des Radioonkologen und Medizinphysikers bei Fragestellungen zur Optimierung der Therapieplanung kompetent beraten können.

Aufgrund der Kombination von wissenschaftlichen und sozialen Kompetenzen sind sie flexibel und auf einen Einsatz in unterschiedlichen, verwandten Berufsfeldern wie dem Umweltschutz, der Krebsforschung, Fachexperte in Regierungsorganen u. ä. vorbereitet. Die erworbene Forschungskompetenz befähigt sie grundsätzlich zur Aufnahme eines Promotionsstudiums.

## **3 Zielgruppen**

### **3.1 Adressatenkreis**

Der Masterstudiengang Radiation Biology richtet sich primär an exzellente Absolventen von in- und ausländischen wissenschaftlichen Hochschulen mit hohem Engagement sich in strahlenbiologische Forschungsthemen einzuarbeiten. Zulassungsvoraussetzung ist ein qualifizierter Bachelor of Science oder gleichwertiger in Deutschland anerkannter Abschluss auf dem Gebiet der Physik, Biologie, Chemie, Umweltwissenschaften oder Medizin. Da ausschließlich in englischer Sprache unterrichtet wird, ist die sichere Beherrschung der englischen Sprache zwingend erforderlich.

### **3.2 Vorkenntnisse der Studienbewerber**

Die Kandidaten für den Masterstudiengang Radiation Biology müssen Kompetenzen nachweisen, die sie im Bachelorstudiengang über die fachspezifischen Lerninhalte hinaus erworben haben und die sie befähigen, sich die interdisziplinär ausgerichteten Lernergebnisse, die im Masterstudiengang Radiation Biology erreicht werden sollen zu erarbeiten.

Die Studienbewerber sollten großes Interesse an strahlenbiologischer Forschung und interdisziplinärem Lernen haben. Sie benötigen hohe Motivation und Disziplin für praktische Arbeit in wissenschaftlichen Laboren und für Selbststudium.

### 3.3 Zielzahlen

Für die nächsten drei Jahre des Masterstudiengangs Radiation Biology (ab WS 19/20) streben wir eine Zielgröße von 20 MSc Studienbeginnern pro Jahr an (Tabelle 2). Ein Numerus clausus ist nicht vorgesehen. Abhängig von den gemachten Erfahrungen und dem zunehmenden Bekanntheitsgrad ist aufgrund von Ressourcen nur eine langsame Steigerung der Zahlen vorgesehen. Da in Europa keine entsprechenden Erfahrungen aus den letzten Jahren vorliegen, soll die weitere Planung vorsichtig und in Absprache mit den relevanten wissenschaftlichen europäischen Gesellschaften (wie ESTRO, ERR, ESR, EANM, EURADOS) vorgenommen werden.

Tabelle 1: **Anwerbungsschema**

<b>MSc Studenten</b>	<b>WS 2019/20</b>	<b>WS 2020/21</b>	<b>WS 2021/22</b>
<b>1. Jahr</b>	20	20	20
<b>2. Jahr</b>	15	20	20
<b>jährliche Einschreibungen, insgesamt</b>	35	40	40
<b>jährliche Absolventen</b>			20

## 4 Bedarfsanalyse

Für die Weiterentwicklung der Strahlentherapie sowie des Strahlenschutzes besteht ein zunehmender Bedarf an fachkundlich gut ausgebildeten jungen Wissenschaftlern auf dem Gebiet der Strahlenbiologie. Vor allem der in Zukunft zu erwartende weitere Anstieg der Zahl der Krebsüberlebenden, die allein in Deutschland derzeit schon mehrere Millionen Menschen ausmachen, bewirkt einen enormen Bedarf an, in der translationalen Radioonkologie tätigen Strahlenbiologen, der derzeit von den Universitäten in Deutschland und dem europäischen Ausland nur unzureichend gedeckt wird.

Der Strahlenschutz spielt nicht nur in der klinischen Medizin, Technik und Industrie, sondern verstärkt auch in der Politik sowie der Allgemeinheit eine herausragende Rolle. Auch hier besteht ein besonders großer Bedarf an gut ausgebildeten Strahlenbiologen. Der bestehende Mangel an Wissenschaftlern mit strahlenbiologischer Kompetenz wird regelmäßig von der Politik wie auch der Wissenschaft beklagt, und die gezielte Förderung der Ausbildung auf diesem für die Gesellschaft wichtigen Gebiet angemahnt, so z.B. von der Strahlenschutzkommission der Bundesregierung (SSK) oder im Grundsatzpapier der Europäischen Kommission (High Level Expert Group, HLEG, [www.hleg.de/fr.pdf](http://www.hleg.de/fr.pdf)). Die Perspektiven der Strahlenforschung in Deutschland wurden 2008 auf dem

Symposium der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina erörtert und in der Nova Acta Leopoldina (Band 96, Nummer 355) veröffentlicht.

Durch die Pläne der Bundesregierung zur Energiewende ist mit einer erhöhten Nachfrage an Experten mit strahlenbiologischer Kompetenz, z.B. beim Rückbau der Kernkraftwerke, der „Sanierung“ der Asse etc. zu rechnen. Dies und der stetig steigende Bedarf an qualifiziertem Fachpersonal in Einrichtungen mit strahlendiagnostischer bzw. strahlentherapeutischer Ausrichtung zeigen die Notwendigkeit eines Masterstudiengangs Radiation Biology auf. Europaweit gibt es kaum vergleichbare Masterstudiengänge mit strahlenbiologischer Ausrichtung, die den Bedarf decken könnten.

## 5 Wettbewerbsanalyse

### 5.1 Externe Wettbewerbsanalyse

#### **national**

In Deutschland gibt es derzeit zwei gelistete Masterstudiengänge mit strahlenbiologischen Lehrinhalten. Beide Masterstudiengänge haben den Titel Medical Radiation Sciences Master und setzen einen klaren Schwerpunkt auf Strahlenphysik und die Qualifizierung zum Medizinphysikexperten. Sie beinhalten lediglich ein Modul zu Tumor- und Strahlenbiologie.

Der an der TUM einzuführende Masterstudiengang Radiation Biology an der Medizinischen Fakultät hingegen bietet ein für Bewerber attraktives Studium an, das sich durch eine vertiefende wissenschaftliche sowie forschungsorientierte Ausbildung aller für die Zukunft strahlenbiologischer Forschung bedeutsamer Aspekte in gleichberechtigten Anteilen auszeichnet. Er wird in keinem direkten Konkurrenzverhältnis mit den beiden oben genannten, thematisch sehr eng gefassten Masterstudiengängen stehen.

Der Studiengang wird in englischer Sprache angeboten, um diesen auch für internationale Bewerber mit ausreichender naturwissenschaftlicher oder medizinischer Qualifikation attraktiv zu machen. Die kompakte Modulstruktur (Blockunterricht) fördert zudem die Mobilität der zukünftigen Masterstudenten, da erworbene Studienleistungen einzelner Module andernorts im Rahmen des europäischen Kreditierungssystems (ECTS) anerkannt werden können.

Somit ist festzuhalten, dass die konzeptionelle Gestaltung des Masterstudiengangs Radiation Biology national ein Alleinstellungsmerkmal hat.

Verwandte Masterstudiengänge, in denen auch Module oder Teilmodule mit strahlenbiologischen Themen gelehrt werden, gibt es in Deutschland und Österreich für die Masterfächer:

- Medizinische Physik (TU Dresden, Uni Düsseldorf, Uni Gießen, Uni Halle-Wittenberg, Uni Heidelberg, TU Kaiserslautern, LMU München als Teil des Masterstudiengangs Physik, Uni Wien). Dresden und Heidelberg unterrichten auf Englisch.
- Biophysik (Uni Berlin, Uni Bielefeld, Uni Frankfurt, Uni Freiburg, Uni Homburg, Uni Linz, TU München als Teil des Masterstudiengangs Physik, Uni Münster).

#### **international**

Ein Masterstudiengang Strahlenbiologie wird seit einigen Jahren an der Universität Oxford (*MSCRB - European Master of Science Course in 'Radiation Biology', coordinated by Gray Laboratory, U.K.*) angeboten. Dieser konzentriert sich jedoch ganz auf die molekularen Mechanismen der Strahlenresistenz von Tumoren. Überschneidungen mit unseren Studiengangszielen sind gering. Weder in den



USA noch in den asiatischen Ländern wird derzeit ein vergleichbares Masterprogramm angeboten oder, soweit wir wissen, geplant.

Masterstudiengänge, die sich ausschließlich dem Strahlenschutz in Forschung und Praxis widmen, gibt es in Deutschland und Österreich nicht. Strahlenschutz wird als Masterstudiengang nur in Frankreich und England angeboten:

1. The European Masters in Radiation Protection (EMRP) Project auf Französisch von einem Erasmus-Konsortium unter Federführung der Universität Grenoble
2. ein Master of Science-Kurs Radiation Protection von der Universität Surrey in Guildford (UK), auf Englisch.

Im Rahmen des „CONCERT-European Joint Programme for the Integration of Radiation Protection Research“ werden von dessen *Education and Training Committee* (zu dem ein enger Kontakt besteht) derzeit Möglichkeiten der europaweiten Zusammenarbeit ausgelotet, die das Ziel haben, im Rahmen der Bologna-Prinzipien die Mobilität von Masterstudierenden der Strahlenbiologie zu erhöhen und Module oder Teilmodule gemeinsam zu lehren. Darüber hinaus werden von CONCERT für Masterstudenten und PhD-Studenten Intensivkurse von zwei bis drei Wochen Dauer über spezielle Themen für Fortgeschrittene organisiert und finanziert. Zwei dieser Kurse werden vom Institut für Strahlenbiologie des Helmholtz Zentrums München regelmäßig angeboten und gelehrt. Sie sollen in die passenden Module des TUM Masterstudiengangs integriert werden.

## 5.2 Interne Wettbewerbsanalyse

Es gibt an der Technischen Universität München keinen ähnlichen oder verwandten Masterstudiengang. Der hier vorgelegte Masterstudiengang Radiation Biology hat eine Alleinstellung und es kommt zu keinen Verdrängungseffekten.

## 6 Aufbau des Studiengangs

Der Masterstudiengang umfasst 4 Semester. In den Semestern 1 und 2 werden die Grundlagen der Strahlenbiologie vermittelt. Bedingt durch das sehr heterogene Qualifikationsprofil der Studierenden, die den Masterstudiengang Radiation Biology anstreben (Bachelors in Biologie, Physik, Chemie, Umweltwissenschaften und Ärzte mit Staatsexamen), liegt der Schwerpunkt im 1. Semester auf biomedizinischem Grundlagenwissen, das für das Erreichen der Lernziele unabdingbar ist. Im 2. Semester stehen die physikalischen, zellbiologischen und molekularbiologischen Grundlagen der Strahlenbiologie im Vordergrund. Vorlesungen, gemeinsame Laborpraktika, Seminare, Tutorien und Übungen werden ergänzt durch praktische Forschungsarbeit wahlweise in den Bereichen Zellbiologie, Medizinphysik, Strahlenschutz oder klinischer Forschung (Zwei Forschungspraktika über einen Zeitraum von sechs Wochen in den Semestern 1 und 2, wobei sowohl die Thematik als auch das Methodenspektrum zwischen beiden Forschungspraktika unterschiedlich ist).

Im Semester 3 werden drei Module angeboten, von denen zwei gewählt werden sollen, um die Möglichkeit zu einer Schwerpunktbildung bezüglich der angestrebten Kompetenzen und späteren Forschungsrichtungen zu ermöglichen. Neben Seminaren und Praktika wird ein spezielles Modul zum Forschungsmanagement als Vorbereitung für die Thesis durchgeführt.

Alle Module bestehen aus Vorlesungen, Seminaren, Tutorien, Übungen/ Praktika, darüber hinaus enthalten einige Module Exkursionen und Demonstrationen. Die Forschungspraktika dauern jeweils 6 Wochen, in denen die Studierenden einzeln je einem in München arbeitenden Forscher im Be-

reich Strahlenforschung zugeordnet sind. Nach Abschluss des Praktikums wird eine Ausarbeitung angefertigt, in der die verwendeten Methoden kritisch in Bezug auf die angestrebten Ziele beschrieben und hinterfragt werden. Forschungspraktika finden für alle Studenten gleichzeitig in der vorlesungsfreien Zeit zwischen den Semestern statt. Im vierten Semester hat jeder Studierende, nach erfolgreichem Abschluss der Semester 1-3, eine Masterthesis anzufertigen, die auf eigenen, selbstständig durchgeführten Forschungsarbeiten im Rahmen eines Forschungsprojekts beruht. Die Studierenden wählen ein Thema, ein Institut oder Labor und einen Betreuer, mit dem sie gemeinsam das Forschungsprojekt entwickeln. Darüber hinaus wird von den Studiengangsverantwortlichen jedem Studierenden für das jeweilige Forschungsprojekt ein persönlicher Mentor zugeteilt, der dem Lehrpersonal der TUM angehört. Die Studierenden führen das von Ihnen ausgearbeitete und vom Betreuer und dem für das Modul Research Management (Modul12) zuständigen Wissenschaftler akzeptierte Forschungsprojekt eigenständig durch. Der persönliche Mentor betreut das Verfassen der Masterthesis, die 6 Monate nach Beginn der Projektarbeit vorzulegen ist.

Die Möglichkeiten, Strahlenbiologie auf Masterniveau zu studieren, sind in Europa und weltweit sehr begrenzt. Die Studierenden werden dennoch angeregt, Module verwandter Masterstudiengänge im In- und Ausland zu studieren, ein verzögerungsfreier Studienverlauf des TUM Masterstudiengangs Radiation Biology kann dann aber nicht garantiert werden.

Der Masterstudiengang Radiation Biology ist so konzipiert, dass die Regelstudienzeit von 2 Jahren (4 Semestern) eingehalten werden kann. Die Verteilung der Präsenzzeiten über die Woche hinweg lässt genügend Raum für das Eigenstudium.

Um das Lernziel einer umfassenden Kompetenz auf allen Gebieten der strahlenbiologischen Forschung zu erreichen, werden gleichgewichtig sowohl theoretische Vorlesungen, Tutorien, Übungen und Seminare als auch Laborpraktika angeboten. Die Lehrveranstaltungen finden entweder in Räumen des Klinikums der TUM oder in Labors und Räumen des Helmholtz Zentrums München statt. Der Stundenplan wird so konstruiert, dass in der Regel keine Fahrten zwischen den verschiedenen Lehrveranstaltungsorten an einem Tag erforderlich sind.

Tabelle 2: Studienplan für Masterstudiengang Radiation Biology

Semester	Module				Credits
1.	Human Anatomy/Pathology and Physiology/Pathophysiology for Radiobiologists (Pflicht) Written Exam 6 CP	Principles of Radiation Protection and Medical Applications (Pflicht) Written Exam 6 CP	Molecular Biology of the Cell (Pflicht) Oral Exam 6 CP	Research Practical (Wahl) Report 12 CP	30
2.	Radiation Physics and Dosimetry (Pflicht) Oral Exam 6 CP	Mechanisms of Radiation Effects on Cells and Tissue (Pflicht) Written Exam 6 CP	Molecular Radiation Biology (Pflicht) Oral Exam 6 CP	Research Practical (Wahl) Report 12 CP	30

3.	Clinical and Experimental Radiation Oncology (Wahl) Written Exam 12 CP	Advanced Molecular Radiation Biology (Wahl) Oral Exam 12 CP	Advanced Radiation Protection Research (Wahl) Written Exam 12 CP	Research Management (Pflicht) Written Proposal 6 CP	30
4.	Master's Thesis 30 CP				30
Legende:	dunkelblau = Abschlussarbeit/Praktikum hellblau = Wahlmodulbereich grau = Pflichtmodulbereich				

## 7 Organisatorische Anbindung und Zuständigkeiten

Der Masterstudiengang wird angeboten und organisiert von der Medizinischen Fakultät der TUM. Die federführende Verantwortung für den Masterstudiengang liegt bei der Medizinischen Fakultät der TUM.

Es sind

Beteiligte Lehrstühle: Strahlenbiologie und RadioOnkologie und Strahlentherapie,

Verantwortlicher Lehrstuhl: Strahlenbiologie

Externe Zusammenarbeit: Helmholtz Zentrum München

Institut für Radiobiologie der Bundeswehr

Bundesamt für Strahlenschutz

Die Beratung, die Bewerbung, das Zulassungsverfahren, die Immatrikulation, das Studierendenmanagement und das Prüfungsmanagement erfolgen an der Technischen Universität München. Die allgemeine Studienberatung erfolgt durch die ZV der TUM, für die Studienfachberatung werden vom Studiendekan der Fakultät drei Personen benannt, die auf der Homepage des Masterstudiengangs Radiation Biology genannt sind. Mitglieder der Kommission für den Masterstudiengang Radiation Biology sind: der Studiendekan (bzw. Prof. Pascal Berberat), Prof. Dr. Mike Atkinson, Prof. Dr. Stephanie E. Combs, Prof. Dr. Gabriele Multhoff, Prof. Dr. Thomas Schmid und als Schriftführerin Fr. Carmen Kessel sowie ein Vertreter der Masterstudierenden, der von den Studierenden des jeweiligen Jahrgangs als Jahrgangssprecher aus ihrer Mitte gewählt wird.

## 8 Ressourcen

### 8.1 Personelle Ressourcen

Tabelle 2: Ressourcenübersicht für den Studiengang Radiation Biology

Lehrangebot des Studiengangs						zur Verfügung stehende Personalressourcen			
Modul			Lehrveranstaltungen des Moduls			Personalkategorie	Dozent*innen		
Modulname	Modulnummer	Modulform	Lehrveranstaltungsname	Art	SWS		Name	Lehrstuhl/Professur	Fakultät
Human Anatomy/Pathology and Physiology/Pathophysiology for Radiobiologists	MEMA-STRB001	P	Physiology / Pathophysiology	VO	2	Prof.	Prof. Dr. Peter Vaupel	RadioOnkologie und Strahlentherapie	ME
			Anatomy / Pathology	VO	2	Prof.	PD Dr. Frauke Neff	-	ME
			Physiology / Pathophysiology	SE	0,5	Prof.	Prof. Dr. Peter Vaupel	RadioOnkologie und Strahlentherapie	ME
			Anatomy / Pathology	SE	0,5	Prof.	PD Dr. Frauke Neff	-	ME
Principles of Radiation Protection and Medical Applications	MEMA-STRB002	P	Radiation Protection	VO	1	Prof.	Prof. Dr. Thomas Schmid	RadioOnkologie und Strahlentherapie/ iRT HelmHoltz Zentrum München	ME
			Radiation Oncology	VO	0,15	WiMI	Dr. Christoph Straube	RadioOnkologie und Strahlentherapie	ME
					0,15	WiMI	Dr. Michal Devecka	RadioOnkologie und Strahlentherapie	ME
					0,15	WiMI	Dr. Steffi Pigorsch	RadioOnkologie und Strahlentherapie	ME
					0,15	WiMI	Dr. Stefan Münch	RadioOnkologie und Strahlentherapie	ME
0,15	Prof.	Prof. Dr. Thomas Schmid	RadioOnkologie und Strahlentherapie/ iRT HelmHoltz Zentrum München	ME					

					0,25	WiMi	Dr. Stefan Bartzsch	RadioOnkologie und Strahlentherapie/ iRT HelmHoltz Zentrum München	ME
			Nuclear Medicine	VO	0,15	Prof.	PD. Dr. Johannes Notni	Lehrstuhl für Pharmazeutische Radiochemie	CH
					0,15	Prof.	Prof. Dr. Margret Schotelius	Lehrstuhl für Pharmazeutische Radiochemie	CH
					0,25	WiMI	Dr. Mona Mustafa	Lehrstuhl für Nuklearmedizin	ME
					0,25	Prof.	PD Dr. Peter Nekolla	Lehrstuhl für Nuklearmedizin	ME
					0,1	Prof.	PD Dr. Matthias Eiber	Lehrstuhl für Nuklearmedizin	ME
					0,1	WiMI	Anne Allmann	Lehrstuhl für Nuklearmedizin	ME
			Radiology	VO	0,4	Prof.	PD Dr. Daniela Pfeiffer	Lehrstuhl für Radiologie	ME
					0,3	Prof.	PD. Dr. Dimitrios Karampinos	Lehrstuhl für Radiologie	ME
					0,3	Prof.	PD Dr. Carl-Robert Ganter	Lehrstuhl für Radiologie	ME
			Radiation Protection	SE	0,15	Prof.	Prof. Dr. Thomas Schmid	RadioOnkologie und Strahlentherapie/ iRT HelmHoltz Zentrum München	ME
					0,1	Prof.	Prof. Dr. Klaus-Rüdiger Trott	RadioOnkologie und Strahlentherapie (Lehrauftrag)	ME
			Radiation Oncology	SE	0,125	WiMI	Dr. Sophie Dobiasch	RadioOnkologie und Strahlentherapie	ME
					0,125	WiMI	Dr. Stefan Münch	RadioOnkologie und Strahlentherapie	ME
			Nuclear Medicine	SE	0,25	WiMI	Dr. Behrooz Yousefi	Lehrstuhl für Nuklearmedizin	ME
			Radiology	SE	0,25	Prof.	PD Dr. Daniela Pfeiffer	Lehrstuhl für Radiologie	ME
Molecular Biology of the Cell	MEMA-STRB003	P	Cell Biology	VO	1	Prof.	Prof. Dr. Mike Atkinson	Lehrstuhl für Strahlenbiologie / ISB Helmholtz Zentrum	ME
					0,6	Prof.	PD Dr. Soile Tapio	Lehrstuhl für Strahlenbiologie / ISB Helmholtz Zentrum	ME
					0,6	WiMi	Dr. Omid Azimzadeh	Lehrstuhl für Strahlenbiologie / ISB Helmholtz Zentrum	ME
					0,6	WiMi	PD Dr. Simone Mörtl	Lehrstuhl für Strahlenbiologie / ISB Helmholtz Zentrum	ME

					0,6	WiMi	Dr. Michael Rosemann	Lehrstuhl für Strahlenbiologie / ISB Helmholtz Zentrum	ME		
					0,6	WiMi	Dr. Natasa Anastasov	Lehrstuhl für Strahlenbiologie / ISB Helmholtz Zentrum	ME		
					Cell Biology	SE	0,25	WiMi	Dr. Omid Azimzadeh	Lehrstuhl für Strahlenbiologie / ISB Helmholtz Zentrum	ME
							0,25	WiMi	PD Dr. Simone Mörtl	Lehrstuhl für Strahlenbiologie / ISB Helmholtz Zentrum	ME
							0,25	WiMi	Dr. Michael Rosemann	Lehrstuhl für Strahlenbiologie / ISB Helmholtz Zentrum	ME
							0,25	WiMi	Dr. Natasa Anastasov	Lehrstuhl für Strahlenbiologie / ISB Helmholtz Zentrum	ME
							Lab Practical: Cell Biology	PR	0,5	WiMi	Dr. Omid Azimzadeh
					0,5	WiMi			PD Dr. Simone Mörtl	Lehrstuhl für Strahlenbiologie / ISB Helmholtz Zentrum	ME
					0,5	WiMi			Dr. Michael Rosemann	Lehrstuhl für Strahlenbiologie / ISB Helmholtz Zentrum	ME
					0,5	WiMi			Dr. Natasa Anastasov	Lehrstuhl für Strahlenbiologie / ISB Helmholtz Zentrum	ME
Radiation Physics and Dosimetry	MEMA-STRB004	P	Radiation Physics and Dosimetry	VO	0,4	Prof.	Prof. Dr. Jan Wilkens	RadioOnkologie und Strahlentherapie / Professur für Strahlenphysik	ME / PH		
					0,3	WiMi	Dr. Markus Oechsner	RadioOnkologie und Strahlentherapie	ME		
					0,3	WiMi	Dr. Stefan Bartzsch	RadioOnkologie und Strahlentherapie/ iRT Helmholtz Zentrum München	ME		
					Radiation Physics and Dosimetry	SE	1	Prof.	Prof. Dr. Jan Wilkens	Professur für Strahlenphysik	ME / PH
					Radiation Physics and Dosimetry	PR	1	Prof.	Prof. Dr. Jan Wilkens	Professur für Strahlenphysik	ME / PH
Mechanisms of Radiation Effects on Cells and Tissue	MEMA-STRB005	P	Mechanisms of Radiation Effects on Cells and Tissue	VO	1	Prof.	Prof. Dr. Thomas Schmid	RadioOnkologie und Strahlentherapie/ iRT Helmholtz Zentrum München	ME		
					0,5	Prof.	Prof. Dr. Klaus-Rüdiger Trott	RadioOnkologie und Strahlentherapie (Lehrauftrag)	ME		

					0,25	Prof.	Prof. Dr. Gabriele Multhoff	RadioOnkologie und Strahlentherapie	ME
					0,25	Prof.	Dr. Mathias Gehrman	RadioOnkologie und Strahlentherapie	ME
			Mechanisms of Radiation Effects on Cells and Tissue	SE	1	Prof.	Prof. Dr. Thomas Schmid	RadioOnkologie und Strahlentherapie/ iRT HelmHoltz Zentrum München	ME
			Lab Practical Cytogenetics	PR	1	WiMi	Dr. Christina Beinke	RadioOnkologie und Strahlentherapie (Lehrauftrag) / Habil	ME
			Lab Practical Tumour Cells	PR	2	Prof.	Prof. Dr. Thomas Schmid	RadioOnkologie und Strahlentherapie/ iRT HelmHoltz Zentrum München	ME
Molecular Radiation Biology	MEMA-STRB006	P	Molecular Radiation Biology	VO	0,5	Prof.	Prof. Dr. Mike Atkinson	Lehrstuhl für Strahlenbiologie / ISB Helmholtz Zentrum	ME
					0,5	Prof.	PD Dr. Soile Tapio	Lehrstuhl für Strahlenbiologie / ISB Helmholtz Zentrum	ME
					0,5	WiMi	Dr. Omid Azimzadeh	Lehrstuhl für Strahlenbiologie / ISB Helmholtz Zentrum	ME
					0,5	WiMi	PD Dr. Simone Mörtl	Lehrstuhl für Strahlenbiologie / ISB Helmholtz Zentrum	ME
					0,5	WiMi	Dr. Michael Rosemann	Lehrstuhl für Strahlenbiologie / ISB Helmholtz Zentrum	ME
					0,5	WiMi	Dr. Natasa Anastasov	Lehrstuhl für Strahlenbiologie / ISB Helmholtz Zentrum	ME
			Lab Practical	PR	0,5	WiMi	Dr. Omid Azimzadeh	Lehrstuhl für Strahlenbiologie / ISB Helmholtz Zentrum	ME
					0,5	WiMi	PD Dr. Simone Mörtl	Lehrstuhl für Strahlenbiologie / ISB Helmholtz Zentrum	ME
					0,5	WiMi	Dr. Michael Rosemann	Lehrstuhl für Strahlenbiologie / ISB Helmholtz Zentrum	ME
					0,5	WiMi	Dr. Natasa Anastasov	Lehrstuhl für Strahlenbiologie / ISB Helmholtz Zentrum	ME
Research Management	MEMA-STRB007	P	Research Management	SE	1	WiMi	Dr. Kerstin Kessel	RadioOnkologie und Strahlentherapie	ME
Master's Thesis	MEMA-STRB008	P							

Clinical and Experimental Radiation Oncology	MEMA-STRB009	W	Clinical and Experimental Radiation Oncology	VO	0,5	WiMI	Dr. Christoph Straube	RadioOnkologie und Strahlentherapie	WiMI
					0,5	WiMI	Dr. Michal Devecka	RadioOnkologie und Strahlentherapie	WiMI
					0,5	WiMI	Dr. Steffi Pigorsch	RadioOnkologie und Strahlentherapie	WiMI
					0,25	WiMI	Dr. Markus Oechsner	RadioOnkologie und Strahlentherapie	ME
					1	Prof.	Prof. Dr. Klaus-Rüdiger Trott	RadioOnkologie und Strahlentherapie (Lehrauftrag)	ME
					1	Prof.	Prof. Dr. Thomas Schmid	RadioOnkologie und Strahlentherapie/ iRT HelmHoltz Zentrum München	ME
					0,5	WiMI	Dr. Stefan Münch	RadioOnkologie und Strahlentherapie	ME
					0,25	WiMI	Dr. Lars Schüttrumpf	RadioOnkologie und Strahlentherapie	ME
					0,25	Prof.	Prof. Dr. Gabriele Muthhoff	RadioOnkologie und Strahlentherapie	ME
					0,25	Prof.	Dr. Mathias Gehrman	RadioOnkologie und Strahlentherapie	ME
			Clinical Conference	VI	0,5	WiMI	Dr. Christoph Straube	RadioOnkologie und Strahlentherapie	ME
					0,5	WiMI	Dr. Michal Devecka	RadioOnkologie und Strahlentherapie	ME
					0,5	WiMI	Dr. Stefan Münch	RadioOnkologie und Strahlentherapie	ME
					0,5	WiMI	Dr. Thomas Pyka	Neuroradiologie	ME
			Clinical and Experimental Radiation Oncology	SE	1	WiMI	Dr. Kerstin Kessel	RadioOnkologie und Strahlentherapie	ME
					0,5	Prof.	Prof. Dr. Klaus-Rüdiger Trott	RadioOnkologie und Strahlentherapie (Lehrauftrag)	ME
		0,5	Prof.	Prof. Dr. Thomas Schmid	RadioOnkologie und Strahlentherapie/ iRT HelmHoltz Zentrum München	ME			



Advanced Molecular Radiation Biology	MEMA-STRB010	W	Advanced Molecular Radiation Biology	VO	1	Prof.	Prof. Dr. Mike Atkinson	Lehrstuhl für Strahlenbiologie / ISB Helmholtz Zentrum	ME
					0,6	Prof.	PD Dr. Soile Tapio	Lehrstuhl für Strahlenbiologie / ISB Helmholtz Zentrum	ME
					0,6	WiMi	Dr. Omid Azimzadeh	Lehrstuhl für Strahlenbiologie / ISB Helmholtz Zentrum	ME
					0,6	WiMi	PD Dr. Simone Mörtl	Lehrstuhl für Strahlenbiologie / ISB Helmholtz Zentrum	ME
					0,6	WiMi	Dr. Michael Rosemann	Lehrstuhl für Strahlenbiologie / ISB Helmholtz Zentrum	ME
					0,6	WiMi	Dr. Natasa Anastasov	Lehrstuhl für Strahlenbiologie / ISB Helmholtz Zentrum	ME
			Lab Practical: Advanced Molecular Radiation Biology	PR /UE	1	WiMi	Dr. Omid Azimzadeh	Lehrstuhl für Strahlenbiologie / ISB Helmholtz Zentrum	ME
					1	WiMi	PD Dr. Simone Mörtl	Lehrstuhl für Strahlenbiologie / ISB Helmholtz Zentrum	ME
					1	WiMi	Dr. Michael Rosemann	Lehrstuhl für Strahlenbiologie / ISB Helmholtz Zentrum	ME
					1	WiMi	Dr. Natasa Anastasov	Lehrstuhl für Strahlenbiologie / ISB Helmholtz Zentrum	ME
Advanced Radiation Protection Research	MEMA-STRB011	W	Advanced Radiation Protection Research	VO	1	Prof.	Prof. Dr. Thomas Schmid	RadioOnkologie und Strahlentherapie/ iRT Helmholtz Zentrum München	ME
					2	Prof.	Prof. Dr. Klaus-Rüdiger Trott	RadioOnkologie und Strahlentherapie (Lehrauftrag)	ME
					1	Prof.	Prof. Dr. Michael Abend	Institut für Radiobiologie der Bundeswehr / wurde habilitiert an Fakultät für Medizin	(ME)
					1	Prof.	Prof. Dr. Werner Rühm	iRT Helmholtz Zentrum München (Lehrauftrag)	ME
			Advanced Radiation Protection Research	SE	1	Prof.	Prof. Dr. Klaus-Rüdiger Trott	RadioOnkologie und Strahlentherapie (Lehrauftrag)	ME
					1	Prof.	Prof. Dr. Michael Abend	Institut für Radiobiologie der Bundeswehr / wurde habilitiert an Fakultät für Medizin	(ME)
					1	Prof.	Prof. Dr. Werner Rühm	iRT Helmholtz Zentrum München (Lehrauftrag)	ME

			Advanced Radiation Protection Research	UE	2	Prof.	Prof. Dr. Klaus-Rüdiger Trott	RadioOnkologie und Strahlentherapie (Lehrauftrag)	ME
						Prof.	Prof. Dr. Michael Abend	Institut für Radiobiologie der Bundeswehr / wurde habilitiert an Fakultät für Medizin	(ME)
						Prof.	Prof. Dr. Werner Rühm	iRT HelmHoltz Zentrum München (Lehrauftrag)	ME
Research Practical: Cell Biology	MEMA-STRB012	W	Betreuung Practical	PR	3,75	WiMi	divers	RadioOnkologie und Strahlentherapie / Helmholtz Zentrum München / Institut für Strahlenbiologie der Bundeswehr / Bundesamt für Strahlenschutz	ME / -
Research Practical: Radiation Protection	MEMA-STRB013	W	Betreuung Practical	PR	3,75	WiMi	divers	RadioOnkologie und Strahlentherapie / Helmholtz Zentrum München / Institut für Strahlenbiologie der Bundeswehr / Bundesamt für Strahlenschutz	ME / -
Research Practical: Clinical Research	MEMA-STRB014	W	Betreuung Practical	PR	3,75	WiMi	divers	RadioOnkologie und Strahlentherapie / Nuklearmedizin / Radiologie	ME
Research Practical: Medical Physics	MEMA-STRB015	W	Betreuung Practical	PR	3,75	WiMi	divers	RadioOnkologie und Strahlentherapie / Professur für Strahlenphysik	ME / PH

## 8.2 Sachausstattung und Räume

Im Klinikum rechts der Isar sowie im TUM Medical Education Center stehen Räumlichkeiten für Vorlesungen, Seminare und Tutorien zur Verfügung. Weitere Räumlichkeiten finden sich in den Kliniken, deren Mitarbeiter fachspezifische Lehrveranstaltungen und Demonstrationen halten. Im Institut für Strahlenbiologie sowie im Institut für innovative Strahlentherapie des Helmholtz Zentrums stehen ebenfalls Räume für Vorlesungen, Seminare und Tutorien für die im Helmholtz Zentrum vorgesehenen Module zur Verfügung. Laborpraktika werden in den Laboren des Instituts für Strahlenbiologie und des Instituts für innovative Strahlentherapie am Helmholtz Zentrum, am Klinikum rechts der Isar sowie am Bundesamt für Strahlenschutz und im Institut für Strahlenbiologie der Bundeswehr durchgeführt.

## 9 Entwicklungen im Studiengang

Am 1. April 2016 wurde die erste Änderungssatzung der Fachprüfungs- und Studienordnung erlassen. Die Änderung betraf die Erweiterung der Sprachnachweise für Englisch in den Qualifikationsvoraussetzungen in § 36. Desweiteren wurden Fehler in der Übersicht der Prüfungsmodule korrigiert und bei Ablehnung in der ersten Stufe des Eignungsverfahrens die Möglichkeit des Antrags auf Nachteilsausgleich ergänzt.

Am 12. April 2017 wurde die zweite Änderungssatzung der Fachprüfungs- und Studienordnung erlassen. In allen Pflicht- und Wahlmodulen wurden die Prüfungsleistungen auf eine Prüfung reduziert. Zudem wurde die Gewichtung der Master Thesis und des Kolloquiums geändert. Aufgrund der Ergebnisse der Evaluation und Feedbackgespräche wurde das Modul „Fremdkurse“ gestrichen und die ECTS Punkte der Forschungspraktika erhöht. Zudem wurden die Forschungspraktika in Wahlmodule unterteilt und von einer Studienleistung zu einer Prüfungsleistung geändert.

## 10 Anhang der Studiengangsdokumentation